



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 03 174 A 1**

⑤ Int. Cl.⁵:
F 02 C 3/34
F 02 C 3/20
F 02 C 6/18
F 02 C 7/08
F 02 C 3/30
F 02 C 3/26

⑳ Aktenzeichen: P 43 03 174.9
㉑ Anmeldetag: 4. 2. 93
㉒ Offenlegungstag: 18. 8. 94

DE 43 03 174 A 1

㉑ Anmelder:
Schwieger, Joachim, Dipl.-Ing., 4600 Dortmund, DE

㉒ Vertreter:
Dehmer, W., Dipl.-Ing., Pat.-Anw., 45133 Essen

㉓ Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Verfahren zum Erzeugen elektrischer Energie

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anlage zum Erzeugen elektrischer Energie durch Verbrennen von vorzugsweise gasförmigen, fossilen Brennstoffen mit reinem Sauerstoff. Hierzu ist ein geschlossener Kreislauf mit mindestens einer Brennkammer, einer Gasturbine, einem zur Vorwärmung dienenden Abhitzekessel und Verdichtern zum Verdichten des Arbeitsmediums auf Brennkammerdruck vorgesehen, wobei im Kreislauf als Arbeitsmedium ein inertes Gas benutzt wird. Vorzugsweise wird als Arbeitsmedium Kohlendioxid und als Brennstoff Erdgas verwendet. Bei der Verbrennung entstehende Verbrennungsprodukte werden nach dem Austritt des noch mit ihnen belasteten Arbeitsmediums aus der Gasturbine und Abgabe der noch vorhandenen Wärme des entspannten Arbeitsmediums in einem oder mehreren Wärmeaustauschern durch geeignete Maßnahmen wieder dem Kreislauf entnommen. Die Restwärme wird dem Arbeitsmedium durch Kühler entzogen und als Prozeß- oder Fernwärme genutzt.

DE 43 03 174 A 1

serdampfes weitgehend genutzt werden, empfiehlt sich ein möglichst niedriger Enddruck bis zum Vakuum. Hieraus ergibt sich ein relativ hohes Druckverhältnis, das gegebenenfalls durch Zwischenüberhitzung in einer oder mehreren Stufen auf eine entsprechende Anzahl von Gasturbinen aufgeteilt werden kann. Die Eintrittstemperatur des Arbeitsmediums in die Gasturbine wird bekanntlich begrenzt durch die Warmfestigkeit des Werkstoffes der Schaufeln der Gasturbine. Für eine Optimierung des gesamten Prozesses nach der Erfindung ist es aber zweckmäßig bei möglichst hohen Drücken zu arbeiten, auch dann, wenn nicht mit den höchsten Gasturbinentemperaturen gearbeitet werden kann.

Fig. 2 zeigt Aufteilung der Arbeitsleistung des erhitzten Arbeitsmediums auf drei Gasturbinen. Sie hat den Vorteil, daß ein größeres Gesamtgefälle verarbeitet werden kann und sich daher der Temperaturabstand im Abhitzekessel zwischen Abgaseintritt und Austritt des verdichteten, vorgewärmten CO₂ als wirkungsgradsenkende Enthalpiedifferenz auf ein hohes Gesamtgefälle bezieht und somit nur geringen Einfluß hat.

In Fig. 2 sind mit 20a, 20b und 20c drei Gasturbinen bezeichnet, deren gemeinsame Welle einen Generator 21 zur Stromerzeugung antreibt. Mit 22a, 22b und 22c sind Brennkammern bezeichnet, die vom dem aus CO₂ bestehenden Arbeitsmedium der Leitung 3 durchströmt werden. Wie bei dem in Fig. 1 dargestellten Ausführungsbeispiel 1, werden dem Arbeitsmedium dabei in den Brennkammern 22a, 22b und 22c die Verbrennungsgase von Erdgas und Sauerstoff beigemischt, wobei Erdgas über die Leitungen 23a, 23b und 23c und Sauerstoff über die Leitungen 24a, 24b und 24c den jeweils zu den Gasturbinen gehörenden Brennkammern zugeführt wird. Über die Leitung 57 wird Dampf zur Verdünnung der Verbrennungsgase beigemischt. Der Sauerstoff wird im Abhitzekessel 25 ebenso wie das als Energieträger dienende Erdgas, das in den Leitungen 23a und 23b durch Verdichter 26a und 26b jeweils auf den in den Brennkammern 22a und 22b benötigten Druck gebracht wird, durch das aus der Gasturbine 20c austretende und entspannte Arbeitsmedium weitgehend vorgewärmt, wodurch der Brennstoffeinsatz in den Brennkammern verringert wird. Die anfallende Wärme bei der Zwischenkühlung des Sauerstoffs beim Verdichten kann in den Prozeß eingebunden oder für Fernheizzwecke verwendet werden.

Das aus dem Abhitzekessel 25 ausströmende mit den Verbrennungsgasen belastete Arbeitsmedium wird, bevor es den Abhitzekessel 25 verläßt, noch zur Vorwärmung eines Teilstromes des vorverdichteten CO₂ verwendet. Schließlich wird das Abgas in dem Kühler 27 durch Kühlwasser aus dem Leitungssystem 39 möglichst tief abgekühlt, um die Leistungsaufnahme in dem anschließenden Verdichter möglichst niedrig zu halten.

Fig. 3 zeigt die weitere Behandlung des aus dem Abhitzekessel 25 und dem Kühler 27 austretenden, mit den Verbrennungsprodukten der Verbrennung von Erdgas und Sauerstoff in den Brennkammern belasteten Arbeitsmediums. Mit 29, 30, 31, 32 und 33 sind dabei Verdichter bezeichnet, wobei den ersten vier Verdichtern auf deren Druckseite jeweils Kühler 34 bzw. 35, 36, 37 und 38 nachgeschaltet sind, denen durch Kühlwasserleitungen 39 Kühlwasser zugeführt wird. Eine Kühlwasserpumpe 40 fördert Kühlwasser über die Leitungen 39 zu den Kühlern 27, 35, 36, 37 und 38 und danach über eine Warmwassersammelleitung 45 zu dem Fernwärmeabnehmer 46, wobei im Bedarfsfall eine in der Zeichnung nicht dargestellte Druckhaltepumpe eingebaut

sein kann. Eine Steigerung von Vorlauftemperatur und Wärmeleistung kann im Winter durch eine geringere Kühlung in den Kühlern 35, 36, 37 und 38 erreicht werden. Soweit im Wärmeverbraucher 46, jahreszeitlich bedingt, Heizwärme benötigt wird, erfolgt eine Abkühlung je nach Vorlauftemperatur von 80–100°C auf etwa 50–60°C. Die Gesamtwärme im Sommer und die Restwärme im Winter wird über einen Kühlturm 47 abgeführt, der die Kaltwassertemperatur zwischen 20 und 30°C herstellt.

Hinter dem Verdichter 33 ist der CO₂-Strom in drei Teilströme 41, 42 und 43 aufgeteilt, wobei der Teilstrom 41 in dem Abhitzekessel 25 aufgewärmt wird, während der zweite Teilstrom 42 den hinter dem Verdichter 29 angeordneten Wärmetauscher 34 durchströmt, um sich dann wieder auf einem Temperaturniveau zwischen 130 und 200°C mit den anderen Teilströmen zu vereinen. Der dritte Teilstrom 43 dient zur Zwischenkühlung des Sauerstoffs in dem Wärmetauscher 44. Die weitere Vorwärmung des Arbeitsmediums auf die Eintrittstemperatur in der Brennkammer 22a erfolgt danach in dem als Abhitzekessel 25 ausgebildeten Wärmeaustauscher.

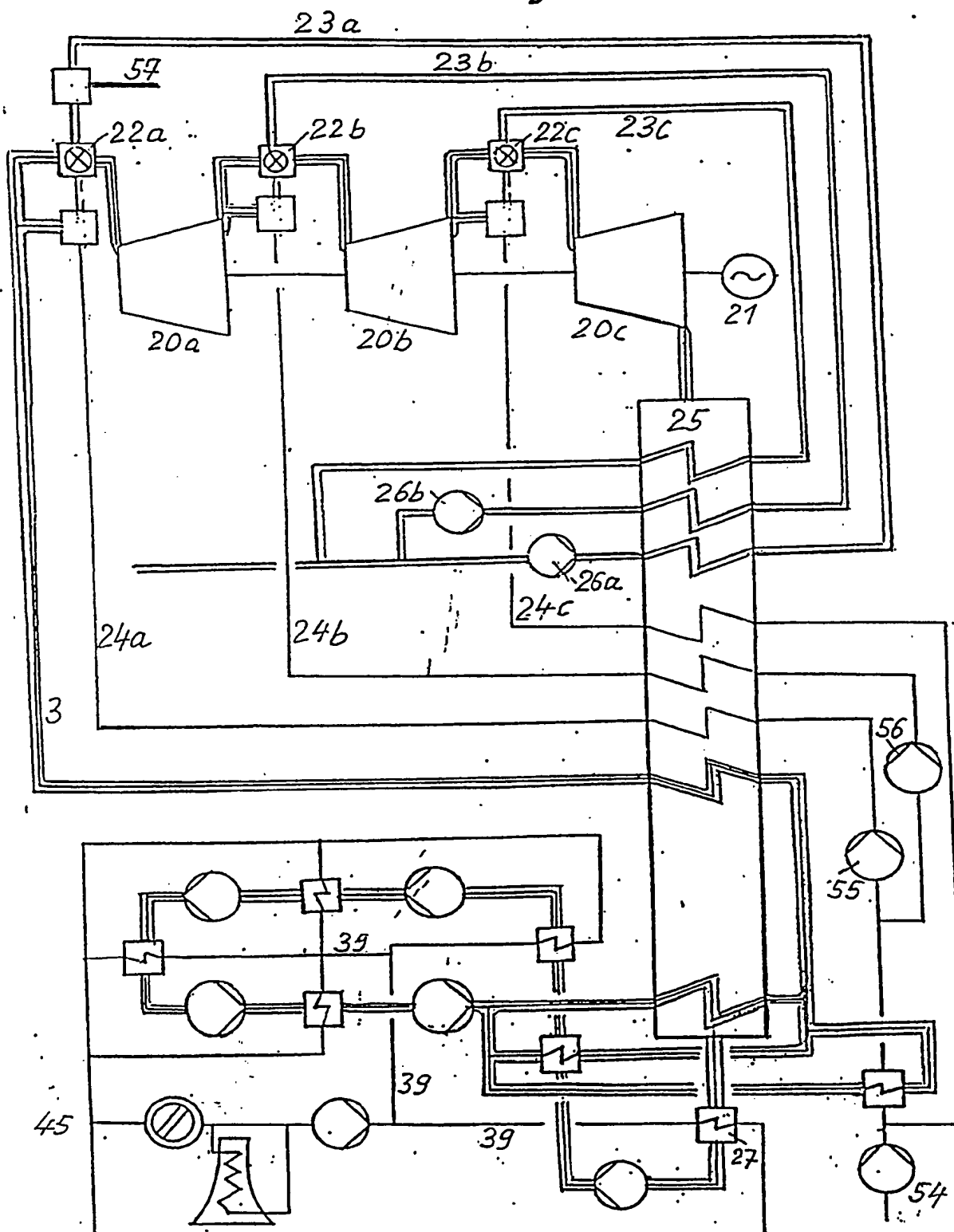
Das sich bei der Verbrennung des fossilen Brennstoffs mit Sauerstoff gebildete H₂O wird dem Kreislauf jeweils hinter den Kühlern 35, 36, 37 und 38 bei 48, 49, 50, 51 und 52 als Kondensat entnommen. Die Entnahme des überschüssigen CO₂ erfolgt unter entsprechendem Druck bei 53. Es wird in flüssiger Form abgeführt.

Der in den Brennkammern jeweils zur Verbrennung des als Energieträger dienenden Erdgases benötigte Sauerstoff wird auch bei diesem Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer in der Zeichnung nicht dargestellten Anlage zur Luftzerlegung, gewonnen. Die Verdichtung des Sauerstoffs auf den Brennkammerdruck erfolgt dabei in dem in den Verdichtern 54, 55 und 56 mit Zwischenkühlung im Kühler 44 durch das über die Zweigleitung 43 geführte CO₂. Als Brennstoff zur Energiegewinnung in der Gasturbine eignet sich in erster Linie Erdgas bzw. Methan. Es können aber, unter Beachtung der erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen, auch andere sich zur Verbrennung mit reinem Sauerstoff eignende Gase, beispielsweise aus Vergasung mit reinem Sauerstoff gewonnenes Kohlegas, Anwendung finden. An Stelle von Brennkammern konventioneller Bauart können auch Einrichtungen verwendet werden, in denen zerkleinerte Braun- oder Steinkohle, insbesondere Kohlestaub unter Druck mit reinem Sauerstoff verbrannt wird, wobei die Verbrennungsgase das Arbeitsmedium auf die Arbeitstemperatur aufheizen. Das kann in einfacher Weise dadurch geschehen, daß die bei der Verbrennung entstehenden Gase direkt mit dem Arbeitsmedium vermischt werden. Die Verbrennungsgase können aber auch über Wärmeaustauschflächen geführt werden und dort das Arbeitsmedium indirekt aufheizen. Die Abgase der Verbrennung werden auch hier in der Weise genutzt, daß sie in das Arbeitsmedium vor dessen Entspannung in der Turbine eingespeist werden, und dort Arbeit leisten.

Für eine derartige Kohleverbrennung eignet sich insbesondere das sogenannte Wirbelschichtverfahren. Dabei erfolgt eine Reinigung der Verbrennungsgase von noch festen Partikeln durch geeignete Filter, durch vorzugsweise Hochtemperaturfilter aus Keramik vor oder nach der Einspeisung der Verbrennungsgase in das Arbeitsmedium. Auch bei einer solchen Ausführungsform des Verfahrens nach der Erfindung können zur Verminderung der Explosionsgefahr dem Sauerstoff vor der Verbrennung eine entsprechende Menge des Arbeits-

- Leerseite -

Fig. 2



BEST AVAILABLE COPY